Note sur le contrôle de la salinité en milieu marin artificiel

Par Yves Plessis.

La réalisation d'un milieu artificiel expérimental permet de mesurer les divers éléments qui le caractérisent. Dans le cas particulier d'une installation marine, la teneur en sels de l'eau est un des facteurs primordiaux. Elle peut être mesurée par différentes méthodes donnant directement, selon les cas, la chlorinité, la salinité ou la densité.

Technique du contrôle de l'eau.

1. — Dans un élevage en circuit fermé l'eau de mer s'évapore constamment, il est donc nécessaire d'ajouter à intervalles réguliers de l'eau douce. Un trait de jauge peut être inscrit dans un endroit convenable du bac d'élevage, il suffit alors de maintenir le niveau constant par un apport d'eau douce ou mieux d'eau distillée. Au bout d'un certain temps, pourvu que l'on ait noté soigneusement la quantité d'eau ainsi utilisée, on peut alors définir l'évaporation dans un temps donné. Si la méthode est simple, elle présente pourtant un certain nombre d'inconvénients : elle ne tient pas compte des pertes d'eau de mer inévitables (projections, prélèvements, etc...), de sorte que le niveau de l'eau doit nécessairement baisser avec le temps si l'on veut garder une salinité à peu près constante. En outre cette méthode est évidemment longue autant qu'imprécise.

2. — Le contrôle de la densité au densimètre est la technique la plus expéditive et la plus économique des méthodes fidèles. Il suffit d'une table de correction de la densité en fonction de la température pour obtenir une approximation suffisante dans la plupart des cas. Toutefois, pour arriver à une précision satisfaisante il faut avoir recours à un appareil relativement fragile ; même ainsi la mesure n'est pas suffisamment précise pour doser l'évaporation dans un temps relativement court, ce qui est parfois nécessaire. Dès lors, il est bien difficile d'analyser le phénomène de l'évaporation que fait varier la température, l'humidité de l'air, la surface de contact air-eau..., ces différentes valeurs pouvant varier considérablement pendant une observation prolongée. Enfin dernière considération qui dépend évidemment du lieu de l'expérience : il n'est pas toujours possible d'éviter l'intervention de personnes ou de facteurs étrangers. Le résultat global alors obtenu risque de donner une idée très lointaine de la réalité. Chaque fois qu'il est possible,

le dosage de la chlorinité par la méthode de MOHR-KNUDSEN permet de prévoir l'évolution du système avec une suffisante approximation dans un minimum de temps et, dans les cas malheureux, d'évaluer l'importance des facteurs étrangers qui peuvent intervenir à l'insu de l'expérimentateur.

3. — Le dosage de la chlorinité par la méthode de MOHR-KNUDSEN qui utilise la réaction classique du nitrate d'argent formant un précipité insoluble avec les halogènes, donne toute la précision désirable pour cette étude particulière de l'évolution d'un aquarium marin.

Rappelons qu'on appelle *Chlorinité*, Cl ‰, la somme totale exprimée en grammes du chlore, brome, iode, contenus dans un kilogramme d'eau de mer, en supposant que le brome et l'iode aient été remplacés par le chlore. Dans les mers, la proportion des différents sels contenus étant pratiquement constante, on peut déterminer la salinité à partir des résultats obtenus dans le dosage de la chlorinité en utilisant la relation :

$$S = 0{,}030 + 1{,}8050 \text{ Cl.}$$

On se souvient que la salinité, S ‰, est définie comme la somme totale, exprimée en grammes, des matières solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer quand ces éléments ont été desséchés à 480° C jusqu'à poids constant et que le brome et l'iode ont été remplacés par le chlore. Dans ces conditions, la plus grande partie des ions carbonates et bicarbonates ont disparu, la matière organique est entièrement oxydée.

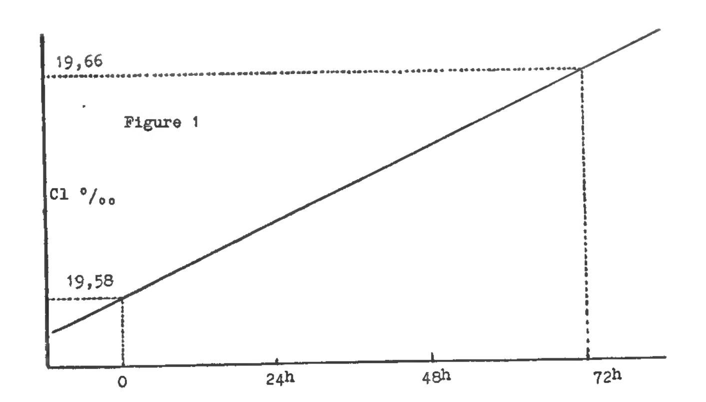
Le poids spécifique et la densité de l'eau de mer sont des constantes physiques déterminées par d'autres méthodes. En océanographie le poids spécifique est toujours lié à sa relation avec l'eau distillée à 4° C et pratiquement confondu avec la densité.

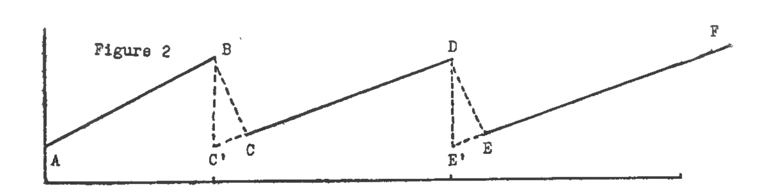
Valables pour l'eau de mer naturelle, les tables hydrographiques donnent une relation entre la chlorinité et ces autres caractéristiques. Dans un aquarium marin en circuit fermé, même lorsqu'à l'origine l'eau est naturelle, il faut tenir compte des modifications possibles dans la formule de l'eau de mer et n'utiliser les relations établies par KNUDSEN dans ses tables entre Cl ‰ et les autres constantes qu'avec beaucoup de réserve.

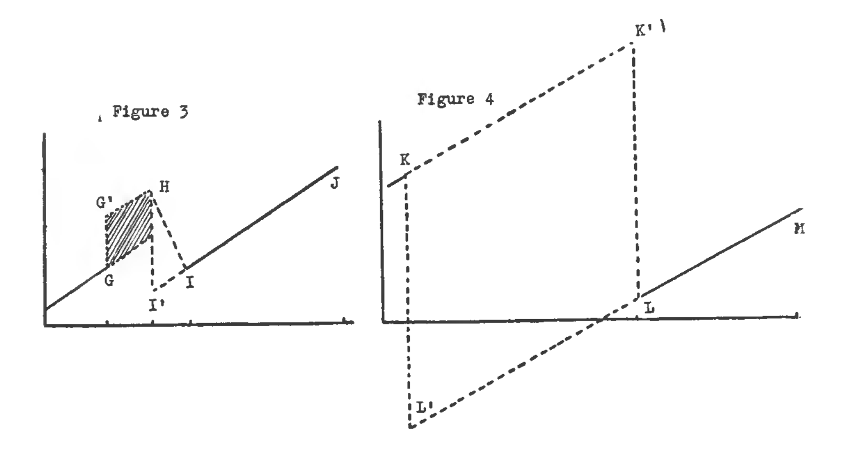
Méthode utilisée.

La méthode utilisée ici est le dosage de la chlorinité [1]. Les dosages sont exprimés en Cl ‰ et, pour les raisons que je viens d'indiquer,

1. Il m'est particulièrement agréable de remercier ici le Professeur LACOMBE et M. TCHERNIA de m'avoir si généreusement fait profiter des moyens dont ils disposent pour le dosage de l'eau de mer. Je remercie bien vivement Madame BESSIÈRE dont la compétence donne aux dosages cités toute la précision et la fidélité souhaitables.


19,66
Figure 1
Cl °/oo
19,58
0
24h
48h
72h


Figure 2
B
D
F
A
C'
C
E'
E


Figure 3
G'
H
J
G
I
I'
Figure 4
K'
K
M
L
L'

ne sont pas traduits en salinité ou cn densité. Cette méthode permet de déterminer la variation de ehlorinité et les besoins en eau douce, d'un aquarium dans des limites de temps définies par l'expérience (par exemple : limites de temps pendant lequel on a pu définir la température et l'humidité de l'atmosphère).

Il faut titrer trois échantillons d'eau dans des conditions identiques à l'exemple suivant :

1er éehantillon : Cl ‰ = 19,56.

2e échantillon : Cl ‰ = 19,62, 48 h. après. On constate une augmentation de chlorinité de 0,06 ‰. Aussitôt après cette deuxième prisc on verse une quantité d'eau distillée connue, par exemple 800 cc.

48 h. après la deuxième prise, on prélève le troisième échantillon d'eau de mer, on note dans l'exemple cité : Cl ‰ = 19,60. Ainsi on possède trois dosages de chlorinité, les dcux premiers permettant d'apprécier l'augmentation de la chlorinité en 48 h., soit :

$$\text{Cl ‰ } 19{,}62 - 19{,}56 = 0{,}06 \text{ ‰}.$$

L'apport de 800 cc d'eau distillée a fait tomber la chlorinité. Normalement elle aurait du être aux environs de 19,68. 800 cc représente donc une chute de chlorinité de : Cl ‰ 19,68 — 19,60 = 0,08.

Ainsi 800 cc d'eau distillée compensent une augmentation de Cl ‰ 0,08. Pour une augmentation journalière de 0,03 il faut donc : $\frac{800 \times 0{,}03}{0{,}08} = 300$ cc.

Il est important de remarquer que ce calcul n'est qu'une approximation, valable dans les conditions suivantes :

1. — La quantité d'eau utilisée doit être faible par rapport au volume total de l'aquarium. (Iei, 800 cc = 1/500e du volume total.)

2. — Le rapport eau distillée de compensation et eau évaporée voisin de un.

De toute façon, il faut, par contre-épreuve, obtenir la même chlorinité à plusieurs jours d'intervalle en compensant la perte d'cau par la quantité calculée.

Particularité de l'installation marine du Laboratoire.

L'évaporation de l'eau est relativement faible et varie peu, il faut en chercher la cause dans plusieurs factcurs : grâce à une double fenêtre et à la condamnation d'une porte, la pièce où se trouvent les bacs d'élevage subit peu de variations de température. Le degré hygrométrique de l'air est élevé et ses variations ne se font guère sentir au voisinage des bacs, où il reste toujours très élevé. Ainsi, quand l'air de la pièce est saturé à 70 %, au-dessus de la réservc il n'a pas moins de 80 % de saturation d'eau.

Il n'y a pas dans les bacs dc diffuseurs d'air et les exhausteurs

sont alimentés par une petite pompe électrique qui leur envoie l'air humide de la pièce. (Il y a toutefois un diffuseur dans la réserve pour accélérer le mélange d'eau distillée utilisée pour compenser l'évaporation).

Des courbes ont été faites simultanément représentant la variation de la température, du degré d'humidité de l'air et de la chlorinité : elles montrent que seules des variations saisonnières, c'est-à-dire, des différences notables entre les moyennes modifient sensiblement l'intensité de l'évaporation ; cette modification ne dépasse pas 25 % entre les valeurs calculées d'une saison à l'autre. Dans des installations différentes, construites toutefois sur le même principe, l'évaporation peut doubler l'été par rapport à l'hiver.

Lorsque l'on utilise l'air comprimé urbain, relativement sec, l'évaporation peut devenir très importante, surtout si l'on fait un large emploi de diffuseurs. L'aération de la pièce, la situation des bacs dans celle-ci, sont des facteurs dont il faut tenir compte dans l'étude des variations de salinité de l'eau de mer. L'humidité de l'air et la température peuvent avoir alors une très grande influence sur l'importance de l'évaporation.

Interprétation des résultats obtenus.

Si l'on veut obtenir une très grande précision sur l'évaporation de l'eau dans un élevage marin en circuit fermé, il faut poursuivre les dosages pendant un certain temps. On peut alors avec la plus grande exactitude faire varier dans le sens que l'on veut la concentration des sels dissous dans l'eau de mer, ou bien stabiliser celle-ci à une chlorinité définie.

Pendant plusieurs mois l'étude de la chloruration a été suivie et a permis de réaliser une courbe continue des variations de chlorinité. Le temps est porté en abscisse, la chlorinité en ordonnée.

Dans la pratique, l'augmentation de la chlorinité est proportionnelle au temps si aucun facteur extérieur n'intervient. C'est ce que montre la courbe de la figure 1 :

25 mai 1956 à 18 h. Cl ‰ = 19,58.
28 mai 1956 à 18 h. Cl ‰ = 19,66.

La courbe de la figure 2 représente une augmentation de la chlorinité régulièrement et journellement compensée par l'apport de 300 cc d'eau distillée mis en une fois :

14 mai 1956 à 17 h. Cl ‰ = 19,54 (point A).
15 mai 1956 à 10 h. Cl ‰ = 19,565 (point B).

Immédiatement après la prise d'eau, addition de 300 cc d'eau distillée (donc au point B). La partie en pointillé B,C′ C représente la chute de la chlorinité due à l'apport d'eau douce, la partie C′ C est

théorique et correspond au temps de dilution de l'eau distillée. Les prises d'eau sont faites chaque fois au même endroit, dans la réserve qui reçoit également l'eau distillée de compensation. La dilution de cette eau est accélérée par un diffuseur d'air. Il est très important de respecter un temps de dilution et de prélever l'échantillon d'eau à analyser toujours au même endroit.

15 mai 1956 à 17 h. Cl ‰ = 19,545 (point C).
16 mai 1956 à 10 h. 30 Cl ‰ = 19,56 (point D).

Immédiatement après la prise d'eau addition de 300 cc d'eau distillée.

16 mai 1956 à 17 h. Cl ‰ = 19,545 (point E).
17 mai 1956 à 11 h. Cl ‰ = 19,57 (point F).

Cette courbe est établie sur un aquarium ayant une grande réserve d'eau de mer. Une installation qui aurait une surface air-eau identique mais une petite réserve, aurait des variations de salinité beaucoup plus grandes et plus rapides, alors que la même quantité d'eau distillée serait nécessaire pour les compenser. Il est difficile d'obtenir un apport régulier et automatique de 300 cc d'eau échelonné sur 24 h. On voit ici l'un des avantages que donne une grande réserve d'eau dans le circuit d'une installation d'élevage : la stabilité de la chloruration.

Courbe représentant une anomalie. Figure 3 :

24 mai 1956 à 10 h. 30 Cl ‰ = 19,59 (point G).
24 mai 1956 à 15 h. Cl ‰ = 19,61 (point H).

Après avoir constaté cette montée anormale de la chlorinité, j'ai mis 300 cc d'eau distillée pour la compenser :

24 mai 1956 à 19 h. 45 Cl ‰ = 19,59 (point I).
25 mai 1956 à 11 h. 15 Cl ‰ = 19,62 (point J).

Dans le quadrilatère achuré de la figure 3, il n'est pas possible de déterminer la courbe.

Deuxième exemple d'anomalie. Figure 4 :

13 mai 1956 à 17 h. Cl ‰ = 19,58 (point K).
14 mai 1956 à 17 h. Cl ‰ = 19,54 (point L).
15 mai 1956 à 10 h. Cl ‰ = 19,565 (point M).

La figure 3 montre une augmentation anormale de la chlorinité, la figure 4 représente une diminution, cette fois l'anomalie est inverse, le polygone d'incertitude dans lequel il n'est pas possible d'inscrire la courbe est délimité par les points K, K', L, L'.

Conclusion.

L'eau de mer synthétique ou naturelle, dans un circuit fermé d'un aquarium, a une concentration saline qui varie en fonction

d'un certain nombre de facteurs. L'emploi de la méthode de Mohr-Knudsen pour le dosage de la chlorinité est si précise qu'elle ne permet pas seulement d'étudier l'évolution du système, de prévoir ses variations et de les compenser, mais aussi de détecter et de doser des variations fortuites, même très petites, qui peuvent toujours survenir à l'insue de l'expérimentateur.

L'application de cette méthode au cas particulier de l'aquarium exige un certain nombre de précautions. Il ne faut pas oublier que les relations établies entre Cl ‰, S ‰, σ_0, etc., peuvent ne pas être exactes pour ce cas spécial. En un mot, la détermination indirecte de la densité n'est pas possible avec la même exactitude, par cette méthode, que pour un échantillon océanique.

Laboratoire des Pêches Coloniales du Muséum.

BIBLIOGRAPHIE

Principaux ouvrages consultés :

1901, Knudsen (M.). Hydrographical Tables. 2e édit. 1931, photocop. par Tutein et Koch.

1902, Forch (C.), Knudsen (M.), und Sørensen (S. P. L.). Berichte über die Konstanbestimmungen zur Aufstellung der hydrographischen Tabellen. *Det. Kong. Danske Vidensk. Selsk. Skrif.*, 6, XII, nº 1, 5-151 (København 1904).

1928, Harvey (H. W.). Biological and Physics of Sea Water. *Cambridge Univ. Press*, 1928.

1945, — Recent advances in the chemistry and biology of sea-water. Cambridge Univ. Press, trad. par C. Francis-Bœuf et C. Lalou : Chimie et biologie de l'eau de mer. *Press. Univ. Fr.*, 1949.

1946, Sverdrup (H. U.), Johnson (M. W.), Fleming (R. H.). The Oceans their Physics, *Chemistry and general Biology.* N. Y., 1946, 1087 pp., 7 c. h. t., nomb. tab., fig., réf.

1948, Thomsen (H.). Instructions pratiques sur la détermination de la salinité de l'eau de mer par la méthode de titrage Mohr-Knudsen. *Bull. Inst. océan.* Monaco, nº 930 (7 mai 1948), 1-16.

Voir aussi : *Circulaire du Centre de Rech. Etud. océan. Renseig. techn. et biblio.*, nº 7 (janv. 1952). Détermination indirecte de la densité de l'eau de mer, dosage de la chlorinité par la méthode Mohr-Knudsen (Bibliographie).